

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :

(A n'utiliser que pour
le classement et les
commandes de reproduction.)**2.036.123**

(21) N° d'enregistrement national :

(A utiliser pour les paiements d'annuités,
les demandes de copies officielles et toutes
autres correspondances avec l'I.N.P.I.)**69.05960**

BREVET D'INVENTION

PREMIÈRE ET UNIQUE
PUBLICATION

(22) Date de dépôt..... 5 mars 1969, à 12 h 30 mn.
Date de la décision de délivrance..... 14 décembre 1970.
Publication de la délivrance..... B.O.P.I. — « Listes » n° 47 du 24-12-1970.

(51) Classification internationale (Int. Cl.).... G 01 n 3/00.

(71) Déposant : Société Anonyme dite : SOCIÉTÉ D'ÉTUDE DE LA PROPULSION
PAR RÉACTION, résidant en France (Hauts-de-Seine).

Mandataire : Cabinet Beau de Loménie, 55, rue d'Amsterdam, Paris (8°).

(54) Machine d'étude du frottement.

(72) Invention : Pierre Poirier et Daniel Michalon.

(33) (32) (31) Priorité conventionnelle :

La présente invention concerne les essais de frottement et notamment les essais effectués sur des matériaux placés dans des conditions inhabituelles, en vue de préciser le comportement dans les mêmes conditions de pièces mécaniques réalisées avec ces
5 matériaux.

Parmi les essais non spécifiques de certaines applications les plus représentatifs du comportement des matériaux à la friction figure l'essai Faville. Son principe consiste à entraîner une éprouvette cylindrique en rotation autour de son axe à vitesse
10 donnée et à la serrer avec un effort donné entre deux mors taillés en V. La mesure du couple d'entraînement des mors, ou du couple résistant appliqué à l'éprouvette, permet de déterminer le coefficient de frottement du matériau de l'éprouvette sur celui des mors.

Si P est la force avec laquelle les mors enserrant l'éprouvette, ϕ le diamètre de l'éprouvette, C le couple d'entraînement mesuré et f le coefficient de frottement cherché, un calcul simple donne, à partir du schéma de la figure 1 qui montre vues
15 en coupe transversale les positions relatives d'un mors et de l'éprouvette :

$$f = \frac{C}{P \phi \sqrt{2}}$$

L'essai peut se dérouler à charge constante ou à charge
25 croissante selon les besoins de l'expérimentation ; dans tous les cas la vitesse de rotation est constante.

S'il ne permet pas une mesure fine des coefficients de frottement, l'essai Faville donne une précision suffisante pour établir des classements significatifs des couples de frottement
30 mesurés pour des matériaux ou des états de surface différents.

En outre, on sait tirer de ces résultats les renseignements relatifs à des applications particulières des pièces mécaniques conformées dans les matériaux essayés.

Enfin, les éprouvettes nécessaires ont des formes
35 simples qui se prêtent à la mise en oeuvre de la plupart des techniques touchant à l'amélioration des coefficients de frottement telles que traitements de surface, revêtements et dépôts.

Pour ces raisons l'essai Faville est très utilisé, mais son application à certaines études est entravée par les machines d'essais elles-mêmes. Il s'agit essentiellement des études de comportement des matériaux dans des ambiances particulières très éloignées des conditions de fonctionnement usuelles de la plupart des machines.

Le développement actuel de ce qu'il est convenu d'appeler les techniques de pointe impose de recourir à des matériaux susceptibles de s'adapter à des conditions difficiles au point de vue température, par exemple dans le cas des techniques cryogéniques, ou au point de vue de l'atmosphère, dans le cas de la mise en oeuvre de fluides très corrosifs ; pour faire un choix de ces matériaux, il faut en connaître les propriétés dans ces conditions difficiles et par conséquent reproduire ces dernières et y effectuer les essais nécessaires. D'où l'exigence de machines d'essais permettant non seulement de comparer entre eux des matériaux dans des ambiances courantes, mais également d'examiner les modifications du comportement à la friction de ces matériaux en ambiance exceptionnelle.

Les machines actuelles ne sont pas adaptées à ces exigences de par leur conception et leur réalisation. On connaît en particulier une machine d'essais dans laquelle une broche porte-éprouvette est entraînée en rotation dans un fourreau cylindrique lui-même monté à rotation dans le bâti de la machine ; à la partie inférieure de ce fourreau et sous le bâti sont montés des bras articulés dont les extrémités portent les mors ; un vérin à vis permet d'agir sur ces bras, mais les efforts appliqués par les mors sur l'éprouvette ne sont pas rigoureusement opposés car ces bras forment un V articulé autour d'un axe parallèle à la broche.

Parmi les inconvénients de ce genre de machines, il faut noter que pour des raisons pratiques d'accessibilité, elles ne permettent pas d'essayer des éprouvettes plongées dans un milieu particulier : autour de l'éprouvette sont disposés des organes de mesure ou de commande des mors. La mécanique précise et soignée de ces machines d'essais ne saurait en outre être exposée à des ambiances très particulières quant à leur température ou à leur réactivité et de surcroît susceptibles de modifications d'un essai à l'autre.

Le but de la présente invention est de créer une machine qui permette la mise en oeuvre de l'essai de frottement de type Faville avec précision dans les conditions courantes, mais qui s'adapte également à des essais dans des conditions plus difficiles du point de vue de la température ou de l'atmosphère auxquelles sont soumises les éprouvettes.

Un but plus particulier de l'invention consiste à proposer une machine d'essai susceptible d'opérer à la fois en ambiance cryogénique et corrosive.

10 A ces effets, l'invention a pour objet une machine d'étude du frottement de matériaux par l'essai du type Faville selon lequel une éprouvette cylindrique fixée à une broche entraînée en rotation est serrée avec un effort réglable par des mors montés sur un équipement mobile tandis qu'on mesure à l'aide d'un capteur
15 le couple exercé sur cet équipement, caractérisée en ce que la broche d'axe vertical, étant montée à rotation à l'intérieur d'un corps fixe creux, l'équipement mobile est monté rotatif autour de ce corps fixe creux, coaxialement à la broche et comporte une pince à deux branches portant les mors, symétriques par rapport
20 à l'axe de la broche, articulées autour d'un axe horizontal commun et actionnées par au moins un vérin à l'opposé des mors par rapport à cet axe.

En outre, en vue de permettre l'utilisation de cette machine lorsque l'éprouvette doit se trouver dans un liquide, le
25 corps fixe creux est de préférence suspendu à une plaque support, la broche dépassant à l'extrémité inférieure du corps creux et celui-ci comporte des moyens de fixation d'une cuve pourvue de deux ouvertures latérales opposées dont les bords sont reliés par des soufflets à des tiges porte-mors de la pince pénétrant dans
30 cette cuve de façon étanche tout en conservant certains degrés de liberté.

Fait intéressant et qui motive en partie le dépôt du présent brevet, on s'est aperçu que la machine réalisée selon les principes définis précédemment offratt, à qualité d'exécution
35 identique, une précision nettement supérieure à celle des machines connues, mettant en oeuvre le même type d'essai ; elle permet de gagner facilement une décimale dans l'expression chiffrée du coefficient de frottement mesuré.

Ce gain de précision, pour une exécution des parties mécaniques aussi soignée dans les deux cas, résulte vraisemblablement d'un ensemble de facteurs dont l'importance isolée est difficile à évaluer et qui tiennent à la conception générale de cette machine.

La machine, objet du présent mémoire, a d'autres avantages considérables pour l'étude du comportement mécanique des matériaux. Elle permet en effet l'adaptation d'un certain nombre de dispositions particulières en vue de mesurer le coefficient de frottement dans un intervalle de températures extrêmement large s'étendant de quelques dizaines de degrés Kelvin à 600° K environ. Elle permet aussi d'effectuer des études lorsque le matériau est plongé dans un milieu fluide, liquide ou gazeux quelconque, y compris en milieu très corrosif. D'une façon générale, elle permet de mener à bien des études dans lesquelles les parties sensibles de la machine doivent être soustraites à l'atmosphère environnant l'éprouvette.

Toutes ces propriétés en font une machine extrêmement intéressante pour le développement des techniques de pointe actuelles. Elle s'adapte à un grand nombre d'usages en conservant une bonne précision dans toute la gamme des conditions opératoires.

Les explications qui vont suivre concernent une réalisation de la machine selon l'invention en vue de la poursuite d'essais de frottement dans une ambiance à la fois très froide et corrosive, telle que constituée par du fluor liquide. La description de cette machine est faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 déjà citée est une coupe schématique montrant les positions respectives d'un mors de serrage et de l'éprouvette ;

- la figure 2 est une vue simplifiée de la machine coupée par un plan de symétrie vertical des pinces ;

- la figure 3 est une vue de dessus de la coupe 1-1 de la figure 2 ;

- la figure 4 est une vue en perspective avec quelques arrachements de la machine ;

- la figure 5 donne une vue détaillée en coupe du dispositif de protection contre l'atmosphère de la cuve ;

- la figure 6 est une vue schématique du mécanisme d'entraînement de la broche.

La machine représentée par les figures 2 et 4 comprend une broche verticale 1 montée par deux roulements 2 et 3 dans un corps cylindrique creux 5 ; ce corps 5 est rendu solidaire du bâti non représenté de la machine par une plaque support 6 à laquelle il est suspendu par une collerette 7 vissée à la fois à la plaque 6 et au corps 5 ; ce montage est bien visible sur la figure 4.

10 Autour de la partie cylindrique externe du corps 5 est montée, par deux roulements à aiguilles 11 et 12, une pièce oscillante 10, de forme générale cylindrique coaxiale à la broche 1.

Cette pièce oscillante 10 est supportée par deux galets d'axes horizontaux 13 et 14 mobiles dans deux ouvertures oblongues 15 ménagées dans deux plaques verticales opposées 16 et 17 qui sont fixées en dessous de la plaque support 6. La pièce oscillante 10 est donc supportée par la plaque support 6 tout en conservant la possibilité de pivoter autour de l'axe de la broche 1 dans les limites du débattement autorisé par la longueur des ouvertures 15.

20 Au-dessus du galet 13, une tige horizontale 18 issue de la pièce 10 dans une direction radiale traverse une fenêtre 20 de la plaque 16. Cette tige 18 est attachée à la tige 21 perpendiculaire d'un capteur d'effort 22 permettant de déduire la valeur du couple exercé sur la pièce oscillante 10. Le corps du capteur 22 est fixé à une plaque 23 solidaire de la plaque support 6. Un ressort 25 fixé au bout de la tige 18, d'une part, et à la plaque 23, d'autre part, permet de précontraindre légèrement le capteur 22 pour éviter les à-coups au moment du démarrage de l'essai.

La pièce oscillante 10 forme le coeur d'un équipage 30 mobile qui comprend en outre une pince à deux branches symétriques 26 et 27 articulées autour de deux bouts d'axes 28 et 30 sortant, dans des directions diamétralement opposées, de la face externe de la pièce 10.

Chaque branche de la pince comprend une plaque verticale 31, rétrécie à sa partie inférieure 32 dans laquelle est emmanchée une tige porte-mors 33. La plaque 31 se prolonge à angle droit, de chaque côté de la pièce oscillante 10, sous forme

de deux ailes 35 respectivement articulées sur les axes 28 et 30 par des pattes 36. Les pattes 36 des deux branches opposées sont articulées deux par deux côte à côte autour de chaque axe 28 ou 30 comme on le voit bien sur la figure 4. Les axes 28 et 30 sont les seuls points d'attache des branches 26 et 27 de la pince avec la pièce oscillante 10 ; ces branches peuvent pivoter autour de ces axes dans un mouvement qui rapproche les tiges porte-mors 33 l'une de l'autre.

A cet effet, les branches 26 et 27 de la pince sont soumises à l'action de deux vérins doubles 37 et 38 placés au-dessus de la plaque support 6, mais sans contact avec elle. Les vérins possèdent chacun deux tiges opposées, chacune reliée à une colonne 40 surmontant la plaque 31. Les vérins 36 et 37 sont du type pneumatique, l'alimentation n'étant pas représentée. La mesure de l'effort de serrage appliqué aux deux branches 26 et 27 de la pince est faite à partir d'un capteur de la pression des vérins.

La partie inférieure de la machine comprend une cuve 41 susceptible d'être remplie de liquide assemblée par bride au corps fixe 5, dans laquelle pénètrent le nez 42 de la broche 1 et l'éprouvette à essayer 43 (cf figure 1) ; celle-ci est fixée dans le nez 42 à l'aide d'une goupille 45 avec un certain jeu.

La cuve 41 possède deux percages latéraux 46 diamétralement opposés par lesquels les tiges porte-mors 33 pénètrent dans la cuve. A l'extrémité des tiges 33 sont fixés deux mors 47 taillés en V avec un certain jeu. Deux soufflets métalliques 48 soudés à l'entrée des percages 46, d'une part et autour des tiges 33, d'autre part, garantissent la parfaite étanchéité de la cuve vis-à-vis de l'extérieur au niveau des tiges porte-mors. En même temps, ces soufflets laissent à ces porte-mors une liberté suffisante pour autoriser un faible mouvement de rotation de ces tiges 33 autour de l'axe de la broche sous l'effet du couple de frottement ; cette rotation est reprise par l'équipage mobile formé par les branches 26, 27 et la pièce oscillante 10 pour solliciter le capteur d'effort 22 permettant de mesurer le couple de frottement.

Le fonctionnement de la machine au cours d'un essai est très simple. On fait tourner l'éprouvette 43 et on actionne

les vérins 36 et 37 pour un effort de serrage donné des mors 47 sur l'éprouvette 43. Grâce aux jeux de montage de l'éprouvette dans le nez 42 et des mors 47 dans la tige porte-mors 33, on obtient un autocentrage des pièces indispensable à la précision de l'essai. L'équipage mobile comprenant notamment la pince et la pièce oscillante 10 tend à s'adapter aux mouvements de l'éprouvette 43 si celle-ci ne se centre pas exactement dans la broche 1. Le couple exercé par le frottement sur cet équipement mobile est mesuré par le capteur d'effort 22. Celui-ci nécessite un très faible déplacement de la tige 21 pour la mesure, ce qui évite pratiquement toute déformation des soufflets 48. Une butée non représentée placée au voisinage du point d'appui du capteur empêche en tout état de cause l'équipage mobile de tourner d'un angle au-delà duquel les soufflets 48 risqueraient d'être endommagés.

On note que toutes les parties mécaniques essentielles à la mesure, vérins 36, 37, capteur d'effort 22, articulation des branches 26 et 27, sont éloignées de la cuve 41 ; elles sont donc à l'abri par rapport aux conditions régnant dans la cuve 41 en ce qui concerne la température notamment. L'accès à la cuve 41 est très dégagé. On va voir maintenant les dispositions prévues pour le cas où le fluide utilisé dans la cuve pour l'essai possède des vapeurs très corrosives.

Ces dispositions sont de trois ordres : celles qui tendent à empêcher les vapeurs de quitter la cuve, celles qui tendent à canaliser et à évacuer les vapeurs en un lieu où on les neutralise, celles qui tendent à limiter les effets de fuites accidentelles dans le corps 5.

La figure 5 illustre les dispositions prises au-dessus de la cuve 41 dans la partie inférieure du corps 5. Celle-ci est fermée, laissant juste un canal 50 pour le passage de la broche 1, passage qui s'élargit en délimitant avec la broche 1 une chambre annulaire 51 avant de se resserrer à nouveau. Autour de la chambre 51 circule à l'intérieur du corps 5 un fluide réfrigérant, de l'azote liquide par exemple, dans une chambre 52. Les vapeurs qui s'échappent de la cuve par l'étroit passage annulaire qui subsiste entre la broche 1 et le canal 50 sont donc recondensées en grande partie dans la chambre 51. Les vapeurs qui ont malgré tout traversé la chambre de recondensation 51

pénètrent dans une deuxième chambre annulaire 53 où elles rencontrent un courant gazeux arrivant en sens inverse à une pression légèrement supérieure ; le mélange s'échappe par un conduit 55 vers une enceinte non représentée où les vapeurs indésirables sont neutralisées. Grâce à ces précautions, aucune vapeur nocive ne peut pénétrer dans l'intérieur du corps creux 5 ni s'échapper en traversant les roulements 2 et 3 de la broche 1. Ainsi, on a réalisé une obturation entre la cuve 41 et l'intérieur 5 sans joint matériel, en acceptant certes une fuite de vapeur, mais une fuite que l'on sait contrôler.

Il est cependant nécessaire de protéger les roulements 2 et 3 de la broche contre des traces de ces vapeurs ou contre une irruption accidentelle par explosion par exemple. Afin d'éviter tout risque d'incident au cas où l'intérieur du corps 5 se trouverait rempli de ces vapeurs risquant d'entrer en réaction avec le lubrifiant des roulements, on prévoit que ceux-ci fonctionnent à sec et sont refroidis par un courant gazeux du haut vers le bas comme l'indique la flèche 56.

On fait circuler ce gaz, de l'azote par exemple, dans les roulements à une pression plus élevée que celle des vapeurs nocives ; il s'échappe vers la chambre annulaire 53 par une série de chicanes 57 ménagées entre le corps et une collerette spéciale 58, solidaire de la broche 1, dans lesquelles il subit une perte de charge importante.

Les roulements de broche 2 et 3 sont prévus aisément démontables en vue de leur remplacement. On obtient d'eux une bonne endurance en fonctionnement à sec s'ils ne subissent aucune charge axiale ni radiale.

La figure 6 montre schématiquement comment est réalisé l'entraînement de la broche 1. Son extrémité supérieure est reliée par un accouplement flexible 60 à un arbre intermédiaire 59 ; celui-ci, monté dans le bâti à l'aide de deux roulements 62 et 63, est entraîné par une transmission composée d'une poulie 65, d'une courroie 66 et d'une deuxième poulie 67 sur l'arbre d'un moteur 68. Les roulements 62 et 63 supportent les efforts radiaux et axiaux résultant de l'entraînement et du poids de la broche ; les roulements 2 et 3 sont donc libérés de ces efforts. Un joint 70 est placé au-dessus d'une arrivée 71 de gaz de refroidissement.

En cours d'essai, un grippage entre les mors 47 et l'éprouvette 43 est toujours possible et des dommages peuvent en résulter pour l'appareillage. On prévient cette éventualité avec un limiteur de couple à friction 72 placé sur l'arbre
5 intermédiaire 59. Un grippage est alors détecté par la mesure de la vitesse de rotation de la broche.

Enfin, la machine peut fonctionner en présence d'une circulation continue de liquide ou de gaz dans la cuve 41. Elle est dotée à cet effet de conduits d'alimentation et d'évacuation
10 non représenté. Ceci est particulièrement intéressant pour assurer une ambiance contrôlée aussi bien en température qu'en composition.

La conception de cette machine, avec son équipage mobile autour d'une partie fixe du bâti et la disposition d'une pince
15 à branches symétriques articulées sur cet équipage, permet de concilier un grand nombre d'avantages. En effet, elle favorise l'accessibilité de l'éprouvette et elle permet d'éloigner de la zone d'essai les parties délicates de la machine, c'est-à-dire les parties qui risqueraient de souffrir de la proximité des
20 conditions très dures dans lesquelles est placée l'éprouvette. De plus, en présence ou en l'absence de ces conditions, cette machine s'avère être très précise et permet d'expérimenter les modifications du comportement des matériaux lorsqu'on fait varier, en plus de l'ambiance, la charge ou la vitesse relative des
25 pièces frottantes.

Autour du principe général de construction dont il a été traité, on peut faire subir à la machine selon l'invention un certain nombre de variantes sans sortir du cadre de l'invention. C'est ainsi notamment que la construction envisagée se
30 prête particulièrement bien à une suspension de l'équipage mobile à un fil ou câble de torsion remplaçant simultanément ou non les galets de soutien 13 et 14 et le capteur d'effort 22. Dans ce cas, une potence du bâti présente une attache du fil ou câble à l'aplomb sur l'axe de la broche 1, le point d'attache inférieur
35 étant placé sur une armature solidaire de la pièce oscillante 10 par des bras appropriés.

Pour la mesure du couple de frottement à l'aide du fil ou câble de suspension tout en empêchant l'équipage mobile de tourner, on prévoit des butées pour celui-ci et on fait tourner l'attache supérieure du câble en sens inverse du couple de frottement jusqu'à ce que l'équipage mobile soit en équilibre entre les butées.

R E V E N D I C A T I O N S

1 - Machine d'étude du frottement de matériaux par
l'essai du type Faville selon lequel une éprouvette cylindrique
fixée à une broche entraînée en rotation est serrée avec un effort
5 réglable par des mors montés sur un équipement mobile tandis qu'on
mesure à l'aide d'un capteur le couple exercé sur cet équipement,
caractérisée en ce que la broche, d'axe vertical, étant montée à
rotation à l'intérieur d'un corps fixe creux, l'équipage mobile
est monté rotatif autour de ce corps fixe creux, coaxialement à
10 la broche et comporte une pince à deux branches portant les mors,
symétriques par rapport à l'axe de la broche, articulées autour
d'un axe horizontal commun et actionnées par au moins un vérin à
l'opposé des mors par rapport à cet axe.

2 - Machine selon la revendication 1, caractérisée
15 en ce que le corps fixe creux étant suspendu à une plaque support
la broche dépasse à l'extrémité inférieure du corps creux, et ce
corps creux comporte des moyens de fixation d'une cuve pourvue de
deux ouvertures latérales opposées dont les bords sont reliés par
des soufflets aux branches de la pince portant les mors de façon
20 à leur permettre de pénétrer dans cette cuve de façon étanche tout
en conservant des degrés de liberté.

3 - Machine selon la revendication 2, caractérisée en
ce que l'équipage mobile comprend une pièce oscillante montée par
des roulements autour du corps fixe et portant les articulations
25 des branches de la pince, ces dernières enveloppant la pièce
oscillante et étant actionnées par deux vérins horizontaux dispo-
sés au-dessus de la plaque support.

4 - Machine selon les revendications 1 à 3, caracté-
risée en ce que l'équipage mobile est supporté par la plaque
30 support à l'aide de galets de roulement.

5 - Machine selon les revendications 1 à 3, caracté-
risée en ce que l'équipage mobile est suspendu à une potence du
bâti par un fil ou câble de torsion.

6 - Machine selon les revendications 1 à 5, caracté-
35 risée en ce que des jeux sont prévus pour le montage de l'éprou-
vette dans la broche et des mors dans les branches de la pince.

7 - Machine selon les revendications 1 à 6, caractérisée en ce que la broche est montée par des roulements fonctionnant à sec et refroidis par un courant de gaz.

5 8 - Machine selon la revendication 7, caractérisée en ce que la broche est entraînée à partir d'un moteur par un arbre intermédiaire, auquel elle est connectée par un accouplement flexible, en vue de soustraire ses roulements aux efforts axiaux et radiaux.

10 9 - Machine selon les revendications 1 à 8, caractérisée en ce que l'entraînement de la broche comporte un limiteur de couple.

15 10 - Machine selon les revendications 2 à 9 pour la mise en oeuvre d'essais avec des fluides contenus dans la cuve et produisant des vapeurs nocives et corrosives caractérisée en ce que le sommet de la cuve laisse le passage nécessaire à la broche sans joint mécanique et est surmonté d'une chambre de condensation des vapeurs s'échappant dans l'intervalle, un conduit d'évacuation étant prévu au-dessus de cette chambre vers lequel convergent d'une part les vapeurs résiduelles de la chambre de condensation et d'autre part un gaz d'entraînement arrivant à contre-courant.

20 11 - Machine selon la revendication 10, caractérisée en ce que le gaz d'entraînement est aussi le gaz de refroidissement des roulements de la broche, une série de chicanes étant
25 prévues entre l'intérieur du corps fixe creux et le conduit d'évacuation.

FIG.1

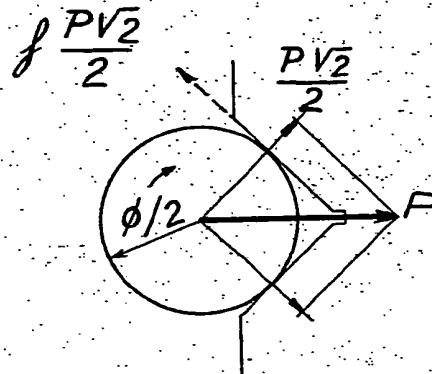
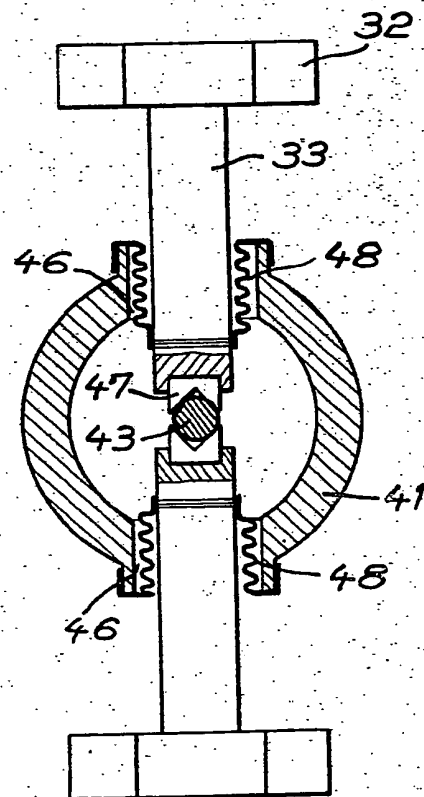
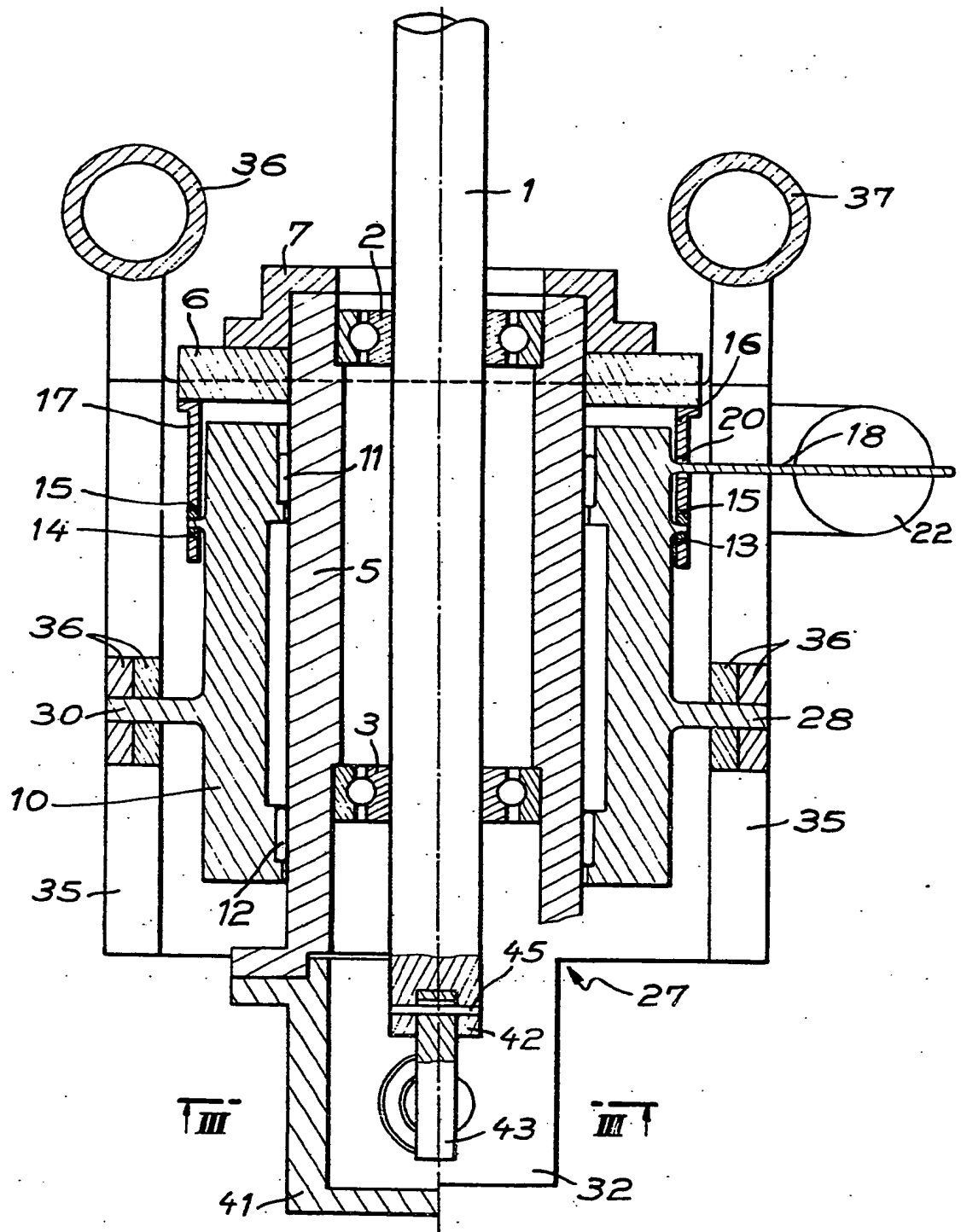


FIG.3





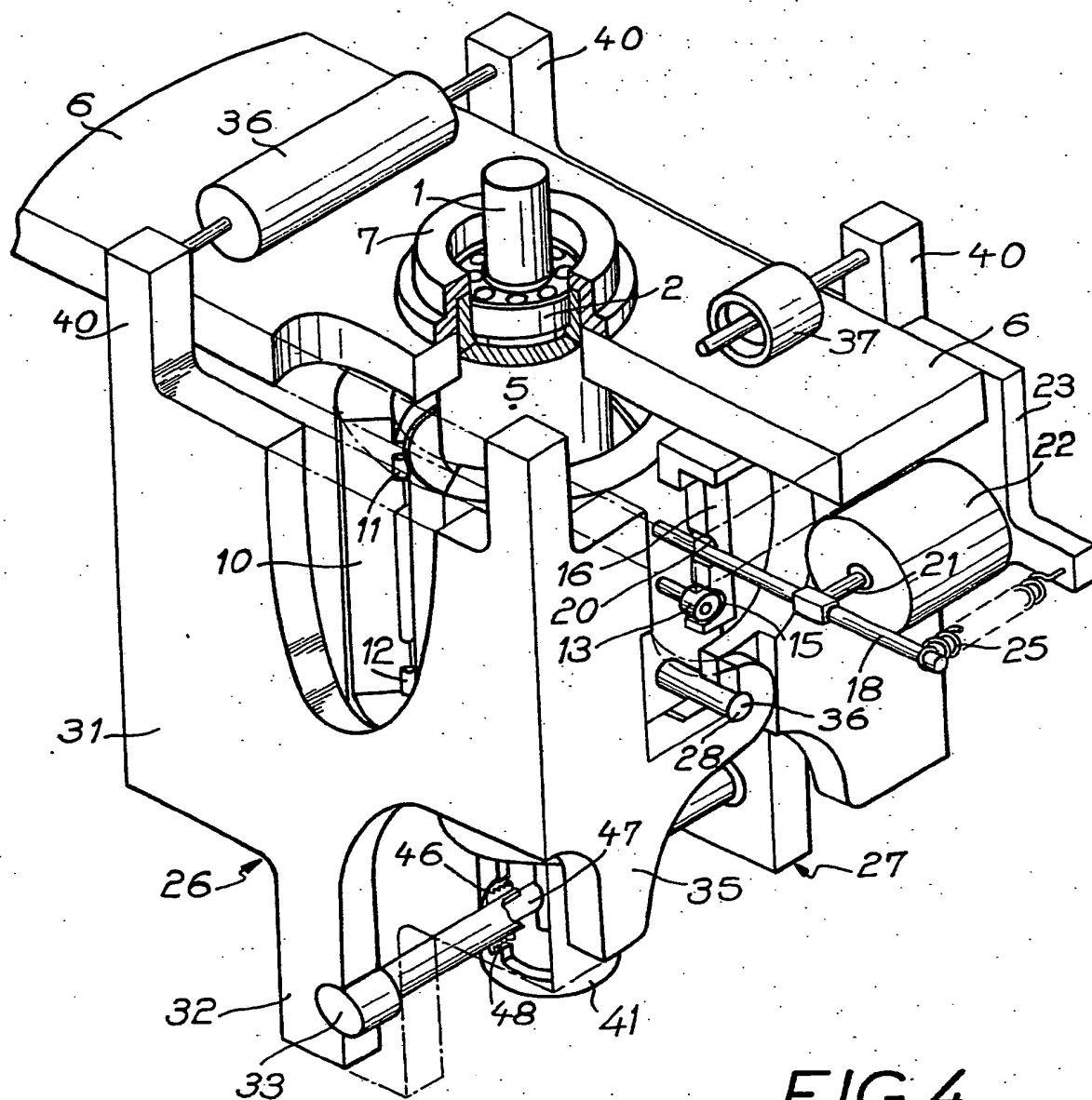


FIG. 4

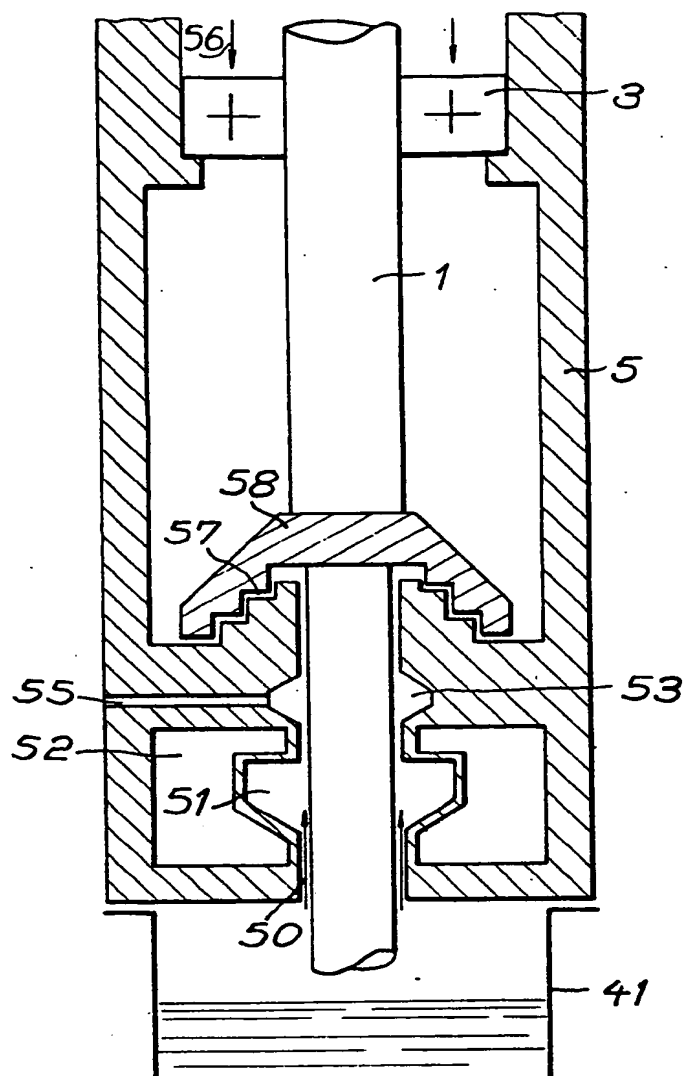
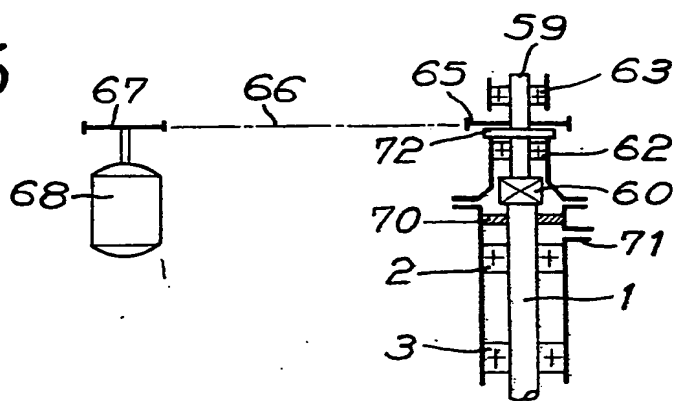


FIG. 5

FIG. 6



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☒ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.